

**Mehrspuriges kurvenneigbares Fahrzeug und  
Verfahren zum Neigen eines Fahrzeugs**

Die Erfindung betrifft ein kurvenneigbares Fahrzeug mit Mitteln zum seitlichen Neigen wenigstens eines Abschnitts des Fahrzeuges um eine im Wesentlichen zu der Fahrzeuglängsachse parallele Neigachse, so dass während einer Fahrt - insbesondere zur Kurvenfahrt oder bei schrägem oder unebenem Untergrund - der Schwerpunkt des Fahrzeugs quer zur Fahrtrichtung verlagerbar ist. Das Fahrzeug umfasst mindestens einen Fahrzeugsitz, der auf dem neigbaren Abschnitt des Fahrzeugs angeordnet ist, für einen das Fahrzeug steuernden Fahrer. Bei dem Fahrzeug kann es sich allgemein um jedes beliebige mehrspurige motor- oder muskelkraftbetriebene Fahrzeug, wie beispielsweise ein Strassenfahrzeug mit Rädern oder ein Schnee- oder Wasserfahrzeug mit Kufen, mit mindestens drei Abstützpunkten gegenüber einem Untergrund, der z.B. von einer Fahrbahn, Schnee, Eis oder Wasser gebildet wird, handeln. Ausserdem betrifft die Erfindung ein Verfahren zum Neigen eines solchen Fahrzeugs.

Kurvenneigbare mehrspurige Fahrzeuge, die aufgrund ihrer Fahrwerksgeometrie ähnliche Fahreigenschaften wie die eines einspurigen Fahrzeugs besitzen, sind in unterschiedlichen Varianten aus dem Stand der Technik bekannt. Derartige Fahrzeuge werden unter anderem in FR 2550507, FR 2616405, DE 01063473, DE 02707562, DE 03546073, DE 19513649 und WO 97/27071 beschrieben und weisen beispielsweise zwei nebeneinander beabstandet auf beiden Seiten des Massenschwerpunkts des Fahrzeugs symmetrisch zur Längsachse angeordnete Räder und ein drittes, in der mittigen Spur in der Längsachse zwischen den beiden Rädern in oder entgegen der Fahrtrichtung versetztes Rad auf, wobei entweder die beiden seitlichen Räder oder das mittige Rad richtungssteuerbar sind.

Die Radaufhängungen der beiden seitlichen Räder sind derart im Wesentlichen in Richtung der Fahrzeughochachse beweglich gelagert und miteinander gekoppelt, dass ein Bewegen der einen Radaufhängung in die eine Richtung, z.B. nach oben, zu einem gegenläufigen Bewegen der anderen Radaufhängung in die andere Richtung, z.B. nach unten, führt. Somit ist ein freies Neigen des Fahrzeugs um die im Wesentlichen zur Fahrzeuglängsachse parallele Neigachse realisierbar. Die gegenläufige Kopplung ist beispielsweise mittels eines Lenkerparallelogramms, einer Waagenaufhängung oder Seilzügen mechanisch, mittels zweier hydraulisch in Verbindung stehenden Hydraulikzylinder hydraulisch oder mittels Elektromotoren elektrisch realisierbar. Alternativ ist es möglich, anstelle des mittigen Rads ebenfalls zwei seitliche Räder mit in Richtung der Fahrzeughochachse beweglicher Lagerung und gegenläufiger Kopplung einzusetzen, wodurch ebenfalls eine freie Neigbarkeit des Fahrzeugs ermöglicht wird. Die seitlichen parallelogrammartig gelagerten Räder wirken als ein einziges fiktives mittleres Rad. Da Pendelbewegungen und Schräglegungen in den beschriebenen Varianten weitgehend widerstandsfrei durchführbar sind und das gegenüber dem Untergrund parallelogrammartige Schrägstellen der Räder ähnlich wie bei einem Motor- oder Fahrrad durch Kreiselpräzession zu der Stabilisierung des Fahrzeugs beiträgt, wird dem Fahrer ein Fahrgefühl vermittelt, das weitgehend dem bekannten Motorradfahrgefühl gleicht. Dieser Zustand der freien Neigbarkeit des Fahrzeugs wird daher im Folgenden als „Zweiradmodus“ bezeichnet. Um bei niedrigen Geschwindigkeiten oder Stillstand ein ungewolltes Schrägstellen und Umkippen des Fahrzeugs zu verhindern, weisen die aus dem Stand der Technik bekannten kurvenneigbaren Fahrzeuge teilweise Vorrichtungen auf, die bei niedriger Geschwindigkeit die freie Beweglichkeit der seitlichen Radaufhängungen einschränken oder blockierten und gegebenenfalls ein aktives Aufrichten oder Neigen des

Fahrzeugs ermöglichen. Somit ist es möglich, ohne den zwangsläufigen Einsatz der Beine des Fahrers ein Stabilisieren bei Stillstand des Fahrzeugs durch Blockieren der freien Beweglichkeit der seitlichen Radaufhängungen zu gewährleisten.

- 5 Dies ist besonders bei schweren Fahrzeugen, die nur mit grösserem Kraftaufwand im Stillstand stabilisierbar wären, vorteilhaft. Dieser stabile Zustand, in welchem kein freies Neigen des Fahrzeugs durch Gewichtsverlagerung des Fahrers oder durch Gegenlenken möglich ist, wird im Folgenden als
- 10 „Dreiradmodus“ bezeichnet, unabhängig davon, ob es sich bei dem Fahrzeug um ein Neigfahrzeug mit drei oder mehr Rädern oder anderen Abstützelementen handelt. In diesem reinen „Dreiradmodus“ ist das Neigen des Fahrzeuges nur noch aktiv durch eine Neigvorrichtung möglich, nicht jedoch durch
- 15 Gewichtsverlagerung des Fahrers oder direkt am neigbaren Abschnitt angreifende Zentrifugalkraft, beispielsweise durch das von Zweiradfahrzeugen bekannte Gegenlenken.

- Aus dem Stand der Technik ist ebenfalls bekannt, dass die
- 20 Ausbildung eines Übergangsbereichs zwischen dem reinen Zweiradmodus und dem reinen Dreiradmodus vorteilhaft ist. In diesem Zwischenbereich wird die freie Neigbarkeit durch das teilweise Wirken von erzeugten Neigkräften, insbesondere Neiggegenkräften, beeinflusst. Hierdurch ist es beispielsweise
- 25 möglich, bei zu starker, durch Gewichtsverlagerung durch den Fahrer oder durch Lenken hervorgerufener freier Neigung des Fahrzeugs durch aktives Aufbringen einer Neiggegenkraft ein Umkippen des Fahrzeugs zu vermeiden.

- 30 Problematisch erweist sich in der Praxis jedoch eben dieser Übergangsbereich vom Zweiradmodus, also dem Zustand der freien Beweglichkeit der beiden seitlichen Radaufhängungen, zum Dreiradmodus, also dem Zustand, in welchem ein freies seitliches Neigen durch Blockieren der freien Beweglichkeit

der seitlichen Radaufhängungen verhindert wird. Denn aktive automatische Eingriffe in die freie Neigbarkeit des Fahrzeugs werden vom Fahrer als unangenehm und ungewohnt empfunden und rufen zum Teil gefährliche Schreckreaktionen beim Fahrer hervor. Während das Fahrzeug bei höheren Geschwindigkeiten typische Eigenschaften eines Motorrads aufweist, verhält sich das Fahrzeug bei langsamer Fahrt oder Stillstand wie ein mehrspuriger Wagen, der durch den Fahrer entweder gar nicht oder nur durch gezielten unergonomischen Eingriff des Fahrers neigbar ist.

Die WO 95/34459 beschreibt ein selbststabilisierendes Dreiradfahrzeug mit einem kraftunterstützten Kippelement zum Verkippen eines Fahrzeugabschnitts um die Fahrzeuglängsachse. Das Fahrzeug ist selbstausbalancierend und umfasst einen Sensor, welcher mit einem richtungssteuerbaren Rad zum Erfassen der Grösse und der Richtung der Last verbunden ist, die auf das richtungssteuerbare Rad auszuüben ist, um einen Richtungswechsel desselben während einer Bewegung zu erzeugen und/oder aufrechtzuerhalten. Der Sensor ist hierzu mit den Kippelementen verbunden, um ein Verkippen als Funktion der Erfassung durch den Sensor zu bewirken. Das Neigen des Fahrzeugs ist somit im Wesentlichen abhängig von Lenkkräften und -winkeln.

Die US 4,368,796 beschreibt eine Vorrichtung zum Steuern der Neigung eines Fahrzeuges. Die Neigungsverstellung erfolgt mittels eines Pendels, das über eine Wirkverbindung mit einem Neigungsverstellungsmechanismus des Fahrzeuges verbunden ist. In einer angeblich bevorzugten Ausführungsform ist die Sitzfläche des Fahrzeugsitzes schwenkbar ausgeführt und besitzt an ihrer Unterseite eine Gabel, die mit einem gewissen Spiel die Auslenkung des Pendels beeinflussen kann. Somit ist es möglich, das Pendel auch ohne Wirken einer Zentrifugalkraft

oder einer Seitenneigung des Fahrzeugs auszuschwenken, indem der Fahrer sein Körpergewicht auf dem Fahrersitz stark seitlich verlagert. Ein wesentlicher Nachteil dieses Systems besteht darin, dass geschwindigkeitsunabhängig eine Kopplung zwischen der Neigungssensorik und dem Fahrzeugsitz vorhanden ist, die vor allem bei hohen Geschwindigkeiten, bei welchen eine übermäßige aktive Beeinflussung der Neigung des Fahrzeugs unerwünscht ist, zu gefährlichen Situationen führen kann. Da das Neigen des Fahrzeugs bei stets mittiger Haltung des Fahrers auf dem Fahrzeug aktiv über das Pendel erfolgt und der Fahrer nur im Falle eines seines Erachtens ungenügenden Neigungswinkels des Fahrzeugs durch Verlagerung seines Schwerpunkts auf das Neigungsverhalten Einfluss nehmen kann, ist es nicht möglich, dem Fahrer das typische Fahrverhalten eines Zweiradfahrzeugs zu vermitteln. Denn das Neigungsverhalten eines Zweiradfahrzeugs wird insbesondere einerseits durch die mit zunehmender Fahrzeuggeschwindigkeit zunehmenden Kreiselkräfte der Räder, andererseits durch die Gewichtsverlagerung des Fahrers beeinflusst, wobei die Stabilität des Zweiradfahrzeugs mit zunehmender Geschwindigkeit zunimmt. Durch das zwangsläufig notwendige Spiel der Gabel ist ein sensibles Steuern der Fahrzeugneigung durch Gewichtsverlagerung gar nicht möglich.

Aus der WO 97/27071 ist ein Fahrzeug mit zwei nebeneinander liegenden Schwingen, die dieses gegenüber dem Untergrund abstützen, bekannt. Die Schwingen sind über Eingriffselemente miteinander koppelbar, so dass bestimmte Relativlagen zueinander fixierbar und in einer speziellen Ausführung aktiv zueinander verstellbar sind, wodurch die Neigung des Fahrzeugs verstellt werden kann. Das beschriebene Fahrzeug erlaubt in einem Normalbetrieb, dem sogenannten Zweiradmodus, nahezu widerstandsfreie Pendelbewegungen sowie eine Schräglegung des Fahrzeugs, wobei sich das Fahrzeug so verhält, als würde es

auf einem fiktiven mittleren Hinterrad fahren. Das Neigen erfolgt bei dieser Betriebsart im Wesentlichen durch Gewichtsverlagerung des Fahrers. In einem Fahrzeugrahmen sind drehbar zwei Schwingen gelagert. Die Schwingen tragen an ihrer Aussenseite am Ende jeweils ein Rad. An den der Fahrzeugmitte zugewandten Enden der Drehachsen der Schwingen sind Eingriffselemente angeordnet, welche fest mit der Drehachse der Schwingen verbunden sind und sich bei Pendelbewegungen in entgegengesetzter Richtung zueinander verdrehen. Am vorderen Ende des Fahrzeugrahmens ist eine Vorderradgabel mit einem Vorderrad und einem Lenker verbunden. In einer Ausführungsform sind die beiden Schwingen mit einer Waage verbunden, welche im Drehpunkt drehbar mit dem Fahrzeugrahmen verbunden ist und die gegenläufige Bewegung der Schwingen bewirkt. Die Schwingen können über gedämpfte Federbeine miteinander verbunden sein. In einer anderen Ausführung erfolgt die gegenläufige Bewegung der Schwingen durch zwei umlaufende Seilzüge. Ausserdem werden in der WO 97/27071 Ausführungsformen beschrieben, bei denen die gegenläufige Bewegung mittels eines Kegelradgetriebes oder einem hydraulischen Ausgleich ermöglicht wird. Der hydraulische Ausgleich koppelt die jeweils mit einem Hydraulikzylinder verstellbaren Schwingen gegenläufig, wobei die beiden Hydraulikzylinder über eine Verbindungsleitung, die gegebenenfalls einen Gasdruckspeicher zur Federung des Fahrzeugs und ein Sperrventil zum Arretieren der Schwingen umfasst, verbunden sind. Ausserdem werden verschiedene Einrichtungen zur Blockierung bzw. Beeinflussung der Pendelbewegung dargestellt. Bei einer ebenfalls beschriebenen Einrichtung zur Beeinflussung der Pendelbewegung ist es mittels einer zangenartigen Vorrichtung möglich, das Fahrzeug normal zur Fahrbahn aufzurichten, indem die zangenartige Vorrichtung über einen Bowden-Zug zusammengezogen wird, so dass zwei an den beiden Eingriffselementen positionierte Bolzen zwangsweise in eine achsgleiche Lage gedrückt werden.

Weiters wird in der WO 97/27071 ein Dreirad-Fahrzeug beschrieben, bei welchem die Eingriffselemente zur Beeinflussung der Pendelbewegung als Hebel ausgebildet und über zwei Verbindungsstangen mit den Hebeln einer zentralen Stelleinheit verbunden sind. In einer beschriebenen Ausführung weist das Fahrzeug eine Einrichtung zur Erfassung der Geschwindigkeit, einen Neigungs- oder Gleichgewichtssensor sowie zusätzliche, proportional wirkende Steuerknöpfe links und rechts zur manuellen Neigungsverstellung durch den Fahrer auf. Diese Steuerknöpfe können entweder an einer Lenkstange oder aber auch beispielsweise im Bereich der Knie des Fahrers vorgesehen sein. Alle Befehle und Rückmeldungen werden in einer elektrischen oder elektronischen Steuereinheit verarbeitet und von dort an eine beispielsweise elektrische Stelleinheit weitergeleitet. Durch einen solchen besonderen Aufbau lassen sich willkürlich oder automatisch ferngesteuert bestimmte Stellungen der Schwingen erreichen und dies insbesondere in einem Geschwindigkeitsbereich bis ungefähr 4 km/h. In diesem niedrigen Geschwindigkeitsbereich ist die Selbststabilisierung des Fahrzeugs insbesondere durch die Kreiselwirkung der Räder noch zu gering für einen gleichmässigen Geradeauslauf des Fahrzeugs. Daher wird bei dem beschriebenen Fahrzeug die gegenläufige Beweglichkeit der Schwingen bei einer vorbestimmten Mindestgeschwindigkeit, z.B. 4 km/h, blockiert und das Fahrzeug aus einer allfällig ungewollten Schräglage in eine lotrechte Position aufgerichtet. Durch diese Funktion wird das Absetzen der Füße des Fahrers auf den Untergrund überflüssig, da in der Normallage das Fahrzeug durch die seitlichen Räder gegen Umkippen gestützt ist. Eine weitere Verbesserung der Fahreigenschaft wird gemäss der WO 97/27071 durch eine mehrscheibige Lamellenkupplung als Eingriffsmittel zwischen den beiden Enden der als Eingriffselemente dienenden Achsen der Schwingen erzielt. Durch Schliessen dieser

Lamellenkupplung wird die gegenläufige Bewegung der Schwingen blockiert. Dieses Blockieren finden bei unterschreiten der Mindestgeschwindigkeit bei Normallage des Fahrzeugs statt. Bei einer weiteren Weiterbildung dieses Fahrzeugs sorgt ein

5 zusätzlicher Neigungssensor in Form eines Pendels für die Messung allfälliger seitlicher Gefälle einer Fahrbahn oder einer Zentrifugalkraft, so dass das Fahrzeug bei niedrigen Geschwindigkeiten stets in eine aufrechte oder der Kurvengeschwindigkeit entsprechende Position gebracht wird.

10 Befehle einer zentralen Stelleinrichtung werden über die mehrscheibige Lamellenkupplung, eine mechanische Lastmomentsperre und einen Elektromotor mit Getriebe umgesetzt. Bei Unterschreiten der Mindestgeschwindigkeit von 4 km/h wird automatisch von der freien Beweglichkeit der

15 Schwingen, also dem „Zweiradmodus“, auf automatische, über den Gleichgewichtssensor erfolgende Gleichgewichtssteuerung umgeschaltet, so dass das Fahrzeug auch bei seitlich geneigter Fahrbahn senkrecht bleibt. Ein Neigen des Fahrzeugs durch Gewichtsverlagerung des Fahrers ist in diesem Modus nicht

20 möglich, da die Schwingen aufgrund der geschlossenen Kupplung nicht gegeneinander frei beweglich sind. Wird in diesem automatischen Gleichgewichtssteuerungs-Modus eine Kurve eingeleitet, so neigt sich das Fahrzeug automatisch entsprechend der Geschwindigkeit und dem Kurvenradius als

25 Reaktion auf die durch die Zentrifugalkraft bedingte Auslenkung des Pendels des Neigungssensors. Zum Einleiten einer Kurve oder für rasche Ausweichmanöver kann der Fahrer in diesem Modus über den linken oder rechten Steuerknopf am Lenker oder an den Knien die Schräglage des Fahrzeugs

30 insbesondere tendenziell, d.h. nicht zwangsweise, beeinflussen. Die Stärke dieser Beeinflussung ist proportional zum Druck auf den jeweiligen Steuerknopf, wird jedoch nach oben durch ein Signal des Neigungssensors begrenzt, um ein Umkippen zu verhindern.



Während bei den oben beschriebenen kurvenneigbaren Fahrzeugen im Wesentlichen das gesamte Fahrzeug neigbar ist, sind ebenfalls Kurvenneigfahrzeuge aus dem Stand der Technik bekannt, insbesondere aus der WO 98/24681 oder der DE 3226361 A, die in sich verdrehbar zweiteilig aufgebaut sind und ein neigbares Fahrzeugvorderteil, mit einem mittig angeordneten, lenkbaren Vorderrad und einem Fahrzeugsitz, und ein zweirädriges, nicht neigbares Fahrzeughinterteil besitzen.

Da derartige Fahrzeuge nicht vollständig neigbar sind und nicht alle Räder beim Neigen eine Schrägstellung einnehmen, so dass die Kreiselpräzessionskräfte in unterschiedlichen Ebenen wirken, und ausserdem vollkommen andere geometrische Verhältnisse herrschen, wird dem Fahrer nur bedingt das Fahrverhalten eines Motorrads vermittelt.

In der DE 195 01 087 A1 wird ein lenkbares Leichtfahrzeug mit einem seitlich neigbaren Fahrersitz beschrieben, wobei der Fahrer beim Kurvenfahren seinen Körper in angelehnter Haltung in den Sitz in Richtung auf den Kurvenmittelpunkt verlagern kann oder der Fahrersitz aktiv in Richtung auf den Kurvenmittelpunkt geneigt wird. Die Wirkverbindung zwischen dem Fahrersitz und dem restlichen Fahrzeug ist derart ausgebildet, dass durch aktives oder passives Neigen des Fahrersitzes der Fahrkomfort erhöht werden kann, indem sich der Fahrer entweder selbst durch Kraftaufbringung in die Kurve legen kann oder der Fahrersitz zumindest teilweise in die Kurve geneigt wird. Im letzteren Fall werden über eine Sensorik Fahrzustände erfasst, welche auf die Sitzverstellung wirken.

Die beschriebenen, aus dem Stand der Technik bekannten kurvenneigbaren mehrspurigen Fahrzeuge weisen das gemeinsame

Problem auf, dass besonders bei niedrigen Geschwindigkeiten ein Ausbalancieren oder ein dem Wunsch des Fahrers entsprechendes Neigen des Fahrzeugs nur bedingt möglich ist oder vom Fahrer als unangenehm oder ungewohnt empfunden wird.

5 Zwar erweisen sich manche bekannten Lösungen als befriedigend bei höherer Geschwindigkeit, bei welcher sich das Fahrzeug im Zweiradmodus befindet und eine freie Neigbarkeit des Fahrzeugs möglich ist, so dass dem Fahrer im Wesentlichen das Gefühl vermittelt wird, als fahre er auf einem Zweirad. Jedoch bei

10 Fahrten mit niedriger Geschwindigkeit oder im Stillstand erweisen sich die bekannten kurvenneigbaren mehrspurigen Fahrzeuge als problematisch. Der Einsatz der Füße zur Stabilisierung des Fahrzeugs ist teilweise höchst kritisch, da derartige Fahrzeuge zum Teil eine zu grosse Masse zur sicheren

15 Stabilisierung des Fahrzeugs aufweisen oder aufgrund einer geschlossenen Kabine einen Fusseinsatz gar nicht erlauben. Ein Umkippen kann zu erheblichen Verletzungen, insbesondere Bein-, Arm- und Kopfverletzungen, führen. Ein Blockieren der freien Neigbarkeit, also ein insbesondere automatisches

20 geschwindigkeitsgeschaltetes Umschalten auf einen Dreiradmodus, vermindert zwar die Gefahr des Umkippens, jedoch ist ein Neigen des Fahrzeugs in diesem Modus nur noch durch Betätigen von Bedienelementen oder mittels eines Neigungssensors, der im Falle einer schrägen Fahrbahn oder

25 Kurvenfahrten bei niedriger Geschwindigkeit ein aktives Neigen auslöst, möglich. Da ein Neigungssensor gattungsgemäss erst nach Erfassen einer Schräglage oder einer Zentrifugalkraft ein aktives Neigen des Fahrzeugs auslösen kann, wird das aktive Neigen des Fahrzeugs vom Fahrer als unnatürlich und unangenehm

30 empfunden. Vor allem bei Fahrten auf unebener Strasse mit niedriger Geschwindigkeit, die keine freie Neigbarkeit des Fahrzeugs zulässt, da insbesondere die stabilisierenden Kreiselkräfte der Räder zu gering sind, so dass das Fahrzeug im Dreiradmodus gefahren werden muss, erweist sich eine

Neigungssteuerung über einen Neigungssensor als ausgesprochen problematisch. Bei plötzlicher Neigung des Fahrzeugs - beispielsweise aufgrund des Durchfahrens eines grösseren Schlaglochs mit nur einem seitlichen Rad - kippt das Fahrzeug

5 zuerst stark zur Seite. Erst danach wird diese Schräglage von dem Neigungssensor erfasst, so dass in einem darauf folgenden Schritt das Fahrzeug wieder in die Lotrechte aktiv geneigt wird. Nach der Durchfahrt des Schlaglochs nimmt das im Neigungszustand befindliche Fahrzeug erneut eine Schräglage

10 ein, so dass wieder mittels des Neigungssensor aktiv die Neigung verstellt werden muss. Zwar wäre es möglich, dass der Fahrer bei Erkennen einer solchen Situation, beispielsweise noch vor Durchfahren einer Schräge, selbst die Neigung manuell vorverstellt, jedoch erweist sich diese Möglichkeit als

15 unergonomisch und kaum handhabbar. Auch eine tendenzielle Beeinflussung der Neigung, also ein Übergangsbereich zwischen dem Zweirad und dem Dreiradmodus, kann nur bedingt Abhilfe schaffen. Ein weiteres Problem ergibt sich bei niedrigen Geschwindigkeiten bei Einfahrt in eine Kurve. Von einem

20 Zweirad wäre der Fahrer es gewohnt, noch vor dem Richtungswechsel bereits sein Gewicht zur Seite zu verlagern oder kurz in die Gegenrichtung zu lenken, so dass sich das Fahrzeug bereits vor dem eigentlichen Richtungswechsel in die zu fahrende Kurve neigt. Während sich das Fahrzeug neigt, wird

25 die eigentliche Kurvenfahrt eingeleitet, so dass das zur Seite in die Kurve fallende Fahrzeug von der Zentrifugalkraft abgefangen wird. Dieses von einem Motorrad gewohnte Fahrverhalten lässt sich jedoch bei niedrigen Geschwindigkeiten mit den bekannten kurvenneigbaren

30 mehrspurigen Fahrzeugen nicht simulieren. Das im Vergleich zu einem Motorrad teilweise höhere Gewicht derartiger Fahrzeuge lässt eine Beeinflussung der Neigung oder ein Stabilisieren über den menschlichen Gleichgewichtssinn durch Verlagern des Gewichts des Fahrers auf dem Fahrzeug zum Teil nur bei höheren

Geschwindigkeiten zu, so dass ein Motorradfahrgefühl teils nur bei höheren Geschwindigkeiten vermittelbar ist.

Befindet sich der Fahrer in einer aussermittigen Position, so  
5 dass ein freies Neigen durch Gewichtsverlagerung gar nicht möglich ist, kann ein Neigen nur aktiv erfolgen. Im Stand der Technik ist das Einleiten eines sensiblen Neigens nur mittels aktiven Betätigens einer Bedieneinheit durch den Fahrer oder als Reaktion auf eine Zentrifugalkraft oder eine Lenkbewegung  
10 möglich, so dass ein motorradartiges Fahrern des Fahrzeugs durch Gewichtsverlagerung des Fahrers nicht möglich ist.

Die Tatsache, dass die bekannten kurvenneigbaren mehrspurigen Fahrzeuge bei höheren Geschwindigkeiten im Zweiradmodus  
15 vollkommen andere Neigeigenschaften als bei niedrigen Geschwindigkeiten im Dreiradmodus aufweist, da der Fahrer nur bei höheren Geschwindigkeiten, nicht jedoch bei langsamer Fahrt ein Neigen durch Körpergewichtsverlagerung auslösen kann, führt bei derartigen Fahrzeugen zu erheblichen  
20 Akzeptanzproblemen bei den Fahrern.

Eine vorausschauende Fahrweise, die ein sensibles Verstellen der Seitenneigung des Fahrzeugs bereits vor Beginn einer Kurvenfahrt oder Fahrt auf eine Schräge vorsieht, ist bei den  
25 aus dem Stand der Technik bekannten kurvenneigbaren mehrspurigen Fahrzeugen in ergonomisch akzeptabler Weise weder durch manuellen Eingriff des Fahrers, noch durch einen automatischen Eingriff möglich.

30

Aufgabe der Erfindung ist es daher, ein kurvenneigbares mehrspuriges Fahrzeug bereitzustellen, das sich bei guter Stabilität unter allen Fahrbedingungen sowohl bei höheren, als auch bei niedrigeren Geschwindigkeiten durch eine von dem

Fahrer intuitiv beeinflussbare und seinen Erwartungen entsprechende Seitenneigbarkeit auszeichnet. Ausserdem ist es Aufgabe der Erfindung, die aus dem Stand der Technik bekannten gattungsgemässen kurvenneigbaren mehrspurigen Fahrzeuge, insbesondere die aus der WO 97/27071 bekannten Dreirad-Fahrzeuge, hinsichtlich ihrer Seitenneigungseigenschaften zu verbessern.

10 Diese Aufgabe wird durch die Verwirklichung der kennzeichnenden Merkmale der unabhängigen Ansprüche gelöst. Merkmale, die die Erfindung in alternativer oder vorteilhafter Weise weiterbilden, sind den abhängigen Patentansprüchen zu entnehmen.

15

Die Erfindung beruht auf der Erkenntnis, dass selbst geringste Gleichgewichtsänderungen von dem hochsensiblen Gleichgewichtssinn des Menschen erfasst werden und unwillkürliche Reaktionsbewegungen zur Folge haben, und sowohl das Ausüben einer seitlichen Beschleunigung auf den menschlichen Körper eines ein Fahrzeug bedienenden Fahrers durch das Wirken einer Zentrifugalkraft infolge eines Richtungswechsels oder das Verändern der Seitenneigung des Fahrzeugs, als auch alleinig die Intention des Fahrers, einen Richtungswechsel oder eine Schräglage des Fahrzeugs beispielsweise unmittelbar vor einer Kurvenfahrt herbeizuführen, zu einer intuitiven aktiven Bewegung des menschlichen Körpers führt, durch die der Fahrer den Schwerpunkt seines eigenen Körpers zu derjenigen Seite zu verlagern versucht, zu welcher sich seines Erachtens das Fahrzeug neigen soll. Dieser Effekt ist beispielsweise beim Steuern eines herkömmlichen mehrspurigen Personenwagens beobachtbar. Noch vor Einfahrt in eine Kurve und Einschlagen

der Lenkung verlagert der Fahrer intuitiv seinen Körperschwerpunkt in Richtung der Kurve, indem er seinen Rumpf von einer aufrechten Position in eine leichte Schräglage versetzt. Hierdurch übt der obere Teil des Rumpfs eine Kraft in Richtung der Kurve und der untere Teil des Rumpfs eine Kraft entgegen der Richtung der Kurve aus. Auch bei einer Seitenneigung eines Fahrzeugs, welcher der Fahrer entgegenwirken möchte, versucht der Fahrer seinen Körperschwerpunkt in diejenige Richtung seitlich zu verlagern, in welche sich das Fahrzeug neigen soll.

Erfindungsgemäss wird eine Seitenkraft erfasst, die der Körper des Fahrers eines seitenneigbaren mehrspurigen Fahrzeugs auf zumindest einen Fahrzeugsitz-Abschnitt eines Fahrzeugsitzes, der auf einem neigbaren Abschnitt des Fahrzeugs angeordnet ist, in eine seitliche Querrichtung zur Fahrtrichtung ausübt. Diese Sitzseitenkraft resultiert aus der intuitiven aktiven Verlagerung des Schwerpunkts des menschlichen Körpers des Fahrers durch leichtes Schräglegen des Rumpfs. Diese Sitzseitenkraft wirkt somit, abhängig vom Erfassungspunkt, im Bereich des Oberkörpers seitlich in Richtung der gewünschten Neigungsrichtung und im Bereich des Beckens und der Sitzfläche in die entgegengesetzte seitliche Richtung. Die Sitzseitenkraft wird über Erfassungsmittel erfasst, die in einer derart ausgebildeten Wirkverbindung mit den Mitteln zum seitlichen Neigen des Fahrzeugs stehen, dass das seitliche Neigen in Abhängigkeit von der erfassten Sitzseitenkraft erfolgt und die Neiggeschwindigkeit eine Funktion zumindest aus der Sitzseitenkraft und der Geschwindigkeit des Fahrzeugs ist, wobei sich die Neiggeschwindigkeit bei zunehmender Sitzseitenkraft - mit einem bei zunehmender Geschwindigkeit des Fahrzeugs sinkendem Faktor - vergrössert. Bei hohen Geschwindigkeiten bewirkt eine Sitzseitenkraft somit eine

geringere oder gegebenenfalls gar keine Reaktion der Mittel zum aktiven seitlichen Neigen des Fahrzeugs, während bei niedrigen Geschwindigkeiten die Sensibilität der Wirkverbindung zwischen den Erfassungsmitteln und den Mitteln zum seitlichen Neigen grösser ist. Hierdurch wird das typische Fahrverhalten eines Zweiradfahrzeugs simuliert, das bei hohen Geschwindigkeiten aufgrund der Kreiselkräfte der Räder wesentlich höhere Stabilitätseigenschaften aufweist und somit wesentlich langsamer auf eine Gewichtsverlagerung des Fahrers reagiert als bei niedrigen Geschwindigkeiten. Die Mittel zum seitlichen Neigen können von aus dem Stand der Technik bekannten, insbesondere hydraulischen, elektromotorischen oder pneumatischen Aktoren gebildet werden. Der Neigungswinkel kann durch diese Aktoren entweder tendenziell beeinflusst werden, beispielsweise durch Aufbringen eines Gegenmoments, wobei bei Nicht-Wirken einer Sitzseitenkraft das Fahrzeug im Wesentlichen frei ohne den Einfluss der Aktoren neigbar ist, oder zwangsweise verstellt werden, wobei kein freies Neigen des Fahrzeugs möglich ist, sondern die Änderung der Seitenneigung alleinig eine Funktion der Sitzseitenkraft und gegebenenfalls weiterer erfasster Werte wie der Geschwindigkeit des Fahrzeugs, dem Lenkwinkel, der Schräglage oder der Zentrifugalkraft ist. Ein Zwischenbereich zwischen diesen beiden Modi ist selbstverständlich möglich, wobei der Einfluss der Aktoren insbesondere geschwindigkeitsabhängig ist und bei zunehmender Geschwindigkeit abnimmt.

In einer möglichen Ausführungsform sind die Mittel zum seitlichen Neigen und die Wirkverbindung derart ausgebildet, dass bei Nicht-Wirken einer Sitzseitenkraft das Fahrzeug im Wesentlichen frei ohne den Einfluss der Aktoren neigbar ist und erst bei Wirken einer Sitzseitenkraft ein Neigen durch Eingreifen der Aktoren erfolgt. Dieser Eingriff erfolgt in dieser speziellen Ausführungsform derart, dass die freie

Neigbarkeit des Fahrzeuges in die Richtung, in welche die aktive Neigung durch die Aktoren erfolgt, insofern erhalten bleibt, als dass ein zusätzliches freies Neigen weiterhin möglich ist, jedoch einem freien Neigen entgegen der Richtung, in welche das aktive Neigen erfolgt, durch die Aktoren entgegengewirkt wird. Diese Funktion ist beispielsweise aus sicherheitstechnischen Überlegungen von Bedeutung, da während eines durch die Sitzseitenkraft ausgelösten aktiven Neigens in eine Richtung beim Auftreten einer zusätzlichen äusseren Neigkraft in diese Richtung - beispielsweise beim Fahren auf einen auf der Kurveninnenseite befindlichen Randstein - sich das Fahrzeug frei zu dieser Seite weiter neigen kann, ohne dass es zu einem Umstürzen des Fahrzeugs zur Kurvenaussenseiten kommt.

Unter der Sitzseitenkraft in eine Querrichtung zur Fahrtrichtung ist ebenfalls ein am Sitz gemessenes Drehmoment um eine im Wesentlichen zur Fahrzeuglängsachse parallel verlaufende Achse zu verstehen. So ist es beispielsweise möglich, die Sitzseitenkraft nicht direkt zu ermitteln, sondern beispielsweise Druckkräfte auf der Sitzfläche zu erfassen oder ein Verkippen der Sitzfläche um eine im Wesentlichen zur Längsachse des Fahrzeugs parallelen Achse zu detektieren. Dies wird ebenfalls von der Erfindung erfasst.

Die Erfindung bezieht sich allgemein auf ein mehrspuriges kurvenneigbares Fahrzeug mit mindestens drei Abstützelementen - insbesondere Rädern oder Kufen - zumindest zum Übertragen einer Seitenführungskraft zwischen dem Fahrzeug und einem Untergrund, wobei mindestens zwei der mindestens drei Abstützelemente auf entgegengesetzten Seiten bezüglich der Fahrzeuglängsachse seitlich angeordnet sind und mindestens eines der mindestens drei Abstützelemente zur Richtungssteuerung des Fahrzeugs lenkbar ist. Ausserdem



umfasst das Fahrzeug Mitteln zum seitlichen Neigen wenigstens eines Abschnitts des Fahrzeuges um eine im Wesentlichen zu der Fahrzeuglängsachse parallele Neigachse, so dass während einer Fahrt - insbesondere zur Kurvenfahrt oder bei schrägem oder

5 unebenem Untergrund - der Schwerpunkt des Fahrzeugs quer zur Fahrtrichtung verlagerbar ist. Bevorzugt umfasst die Erfindung ein Dreiradfahrzeug, bei welchem die Abstützelemente als Räder ausgebildet sind und das einen kurvenneigbaren Fahrzeugrahmen aufweist, wobei zwei der drei Räder nebeneinander im

10 Wesentlichen symmetrisch zur Fahrzeuglängsachse und das dritte Rad mittig versetzt angeordnet sind. In einer Ausführungsform ist das Fahrzeug derart ausgestaltet und das seitliche Neigen durch die Mitteln zum seitlichen Neigen erfolgt derart, dass die Räder eine der Neigung entsprechende Schrägstellung

15 einnehmen und die beiden nebeneinander liegenden Räder als ein fiktives mittiges Rad empfunden werden, wodurch das Fahrzeug ein ähnliches Fahrverhalten wie ein einspuriges Zweirad aufweisen kann. Der Fahrzeugsitz für einen das Fahrzeug steuernden Fahrer ist auf dem neigbaren Abschnitt des

20 Fahrzeugs angeordnet.

Ausserdem umfasst die Erfindung ein Verfahren zum Neigen eines mehrspurigen kurvenneigbaren Fahrzeugs, wobei in einem Schritt die Sitzseitenkraft, die der Körper des Fahrers zumindest auf

25 einen Fahrzeugsitz-Abschnitt des Fahrzeugsitzes in eine seitliche Querrichtung zur Fahrtrichtung ausübt, über Erfassungsmittel erfasst wird, in einem weiteren Schritt die Geschwindigkeit des Fahrzeugs erfasst wird, wobei diese Schritte in beliebiger Reihenfolge sein können, und in einem

30 weiteren Schritt wenigstens der neigbare Abschnitt des Fahrzeugs zu einer Seite geneigt wird, wobei die Seite durch die Richtung der Sitzseitenkraft bestimmt wird und die Neiggeschwindigkeit eine Funktion zumindest aus der Grösse der erfassten Sitzseitenkraft und der erfassten Geschwindigkeit

ist und bei zunehmender Sitzseitenkraft - mit einem bei zunehmender Geschwindigkeit des Fahrzeugs sinkendem Faktor - die Neiggeschwindigkeit erhöht wird.

- 5 Die Erfindung umfasst auch Neigfahrzeuge, bei welchen nur ein Teilabschnitt neigbar ist. Ausserdem umfasst die Erfindung auch Fahrzeuge, bei welchen der Fahrzeugsitz aussermittig angeordnet ist. In diesem Fall ist es erfindungsgemäss auch möglich, ein Fahrverhalten des Fahrzeugs zu simulieren, das  
10 dem eines rein gleichgewichtsgesteuerten einspurigen Fahrzeugs entspricht.

Das erfindungsgemässe Verfahren und die erfindungsgemässe  
15 Vorrichtung werden nachfolgend anhand von in den Zeichnungen schematisch dargestellten konkreten Ausführungsbeispielen rein beispielhaft näher beschrieben, wobei auch auf weitere Vorteile der Erfindung eingegangen wird. Im Einzelnen zeigen:

- 20 Fig. 1 eine Ausführungsform des erfindungsgemässen mehrspurigen kurvenneigbaren Fahrzeugs in einer Seitenansicht,  
Fig. 2 eine Ausführungsform des erfindungsgemässen mehrspurigen kurvenneigbaren Fahrzeugs in einer  
25 Rückansicht,  
Fig. 3 eine Detailansicht eines über ein Gelenklager schwenkbaren Fahrzeugsitzes mit Erfassungsmitteln,  
Fig. 4 eine Detailansicht eines Fahrzeugsitzes mit nachgiebigen Seitenwülsten mit Erfassungsmitteln, und  
30 Fig. 5 eine Detailansicht eines Fahrzeugsitzes mit einer beweglichen Sitzfläche mit Erfassungsmitteln.

In Fig. 1 und in Fig. 2 ist eine mögliche Ausführungsform des erfindungsgemässen mehrspurigen kurvenneigbaren Fahrzeugs in einer Seitenansicht bzw. einer Rückansicht schematisch dargestellt. Das dargestellte Dreiradfahrzeug 30 umfasst drei auf einem Untergrund 2 aufliegende Abstützelemente 1a, 1b und 1c, die als ein Vorderrad 1c, ein rechtes Hinterrad 1b und ein linkes Hinterrad 1a ausgebildet sind. Das Vorderrad 1c ist lenkbar und mittig in der Fahrzeuglängsachse 3 angeordnet, während die beiden seitlichen Räder 1a und 1b im Wesentlichen symmetrisch zur Fahrzeuglängsachse 3 montiert sind. Das Dreiradfahrzeug 30 besitzt Mittel zum seitlichen Neigen 4 des Fahrzeugrahmens 5 um eine im Wesentlichen zu der Fahrzeuglängsachse 3 parallele Neigachse 6, so dass während einer Fahrt - insbesondere zur Kurvenfahrt oder bei schrägem oder unebenem Untergrund - der Schwerpunkt des Fahrzeugs quer zur Fahrtrichtung 7 verlagerbar ist. Das seitliche Neigen erfolgt durch die Mittel zum seitlichen Neigen 4 derart und das Dreiradfahrzeug 30 ist derart gestaltet, dass die Räder 1a, 1b und 1c eine der Neigung entsprechende Schrägstellung einnehmen, wie in Fig. 2 gezeigt. Somit wirken die beiden seitlichen Räder 1b und 1c wie ein fiktives mittiges Rad in der Fahrzeuglängsachse 3, so dass das Dreiradfahrzeug 30 im Wesentlichen das Fahrverhalten eines einspurigen Zweirads besitzt. Auf dem Fahrzeugrahmen 5 ist ein in Fig. 3 detaillierter schematisch dargestellter Fahrzeugsitz 8a angeordnet, der gegenüber dem Fahrzeugrahmen 5 mittels eines Gelenklagers 12 um eine im Wesentlichen zur Fahrzeuglängsachse 3 parallel verlaufende und bezogen auf den Fahrzeugsitz mittige Fahrzeugsitz-Drehachse 13 schwenkbar gelagert ist. Somit ist es möglich, den Fahrzeugsitz 8a um die Fahrzeugsitz-Drehachse 13 in eine seitliche Querrichtung 10a zur Fahrtrichtung 7 innerhalb eines Fahrzeugsitz-Bewegungsbereichs 11a zu schwenken. In Fig. 3 wird der Fahrzeugsitz-Bewegungsbereich 11a durch eine Fahrzeugsitz-Hochachse 20 in

ihren beiden Grenzstellungen 20' und 20'' am Rand des Fahrzeugsitz-Bewegungsbereichs 11a veranschaulicht. Zur besseren Anschaulichkeit ist der Bewegungsbereich 11a in Fig. 2 und 3 übertrieben dargestellt, denn in der Praxis ist es sinnvoll, den Bewegungsbereich dermassen klein zu gestalten, dass das Schwenken des Fahrzeugsitzes 8a vom Fahrer nicht bemerkt wird. Der in mittiger Position in Form einer durchgehenden Linie gezeigte Fahrzeugsitz 8a ist an einem Rand des Fahrzeugsitz-Bewegungsbereichs 11a durch eine unterbrochene Linie 8a' dargestellt. Um den Fahrzeugsitz 8a über eine Rückstellkraft in eine mittige Ausgangsstellung der Fahrzeugsitzhochachse 20 elastisch zentrieren zu können, sind als Federzentriermittel 17 ausgebildete elastische Zentriermittel vorgesehen. Somit ist es möglich, eine Sitzseitenkraft, die der Körper des Fahrers zumindest auf dem Fahrzeugsitz 8a in eine seitliche Querrichtung 10a zur Fahrtrichtung 7 ausübt, über die Auslenkung des Fahrzeugsitz 8a von dessen Ausgangsstellung im Fahrzeugsitz-Bewegungsbereich 11a zu ermitteln. Hierzu sind Erfassungsmittel, die als ein Positionsdetektor 9a ausgebildet sind, zum Erfassen der Position des Fahrzeugsitzes 8a innerhalb des Fahrzeugsitz-Bewegungsbereichs 11a unterhalb des Fahrzeugsitzes 8a montiert. Der Positionsdetektor 9a steht in einer derart ausgebildeten Wirkverbindung mit den Mitteln zum seitlichen Neigen 4, dass das seitliche Neigen in Abhängigkeit von der erfassten Sitzseitenkraft zu derjenigen Seite erfolgt, die der Richtung der Sitzseitenkraft entspricht. In Fig. 2 ist der Vorgang des Neigens veranschaulicht. Der Fahrer übt in eine seitliche Querrichtung 10a zur Fahrtrichtung 7 eine Sitzseitenkraft auf, indem er seinen Oberkörper im gezeigten Beispiel nach rechts lehnt, um den Schwerpunkt seines Körpers intuitiv nach rechts zu verlagern, in der Absicht, dass das Fahrzeug sich nach rechts neigen soll. Dieser Vorgang findet beispielsweise vor oder während einer Rechtskurve oder der

Fahrt auf einer nach links hängenden Schräge statt. Als Reaktion der Verlagerung des Körperschwerpunktes neigt sich der Fahrzeugsitz 8a unter Gegenwirken der Federzentriermittel 17 nach rechts. Dies wird von dem Positionsdetektor 9a  
5 erfasst, der über die Wirkverbindung ein Signal an die Mittel zum seitlichen Neigen 4 sendet, so dass sich der Fahrzeugrahmen 5 mit einer von der Sitzseitenkraft abhängigen Geschwindigkeit zu derjenigen Seite 10a, die der Richtung der Sitzseitenkraft entspricht, neigt und eine Fahrzeugschräglage  
10 21, gemessen zwischen der Lotrechten 19 und der Fahrzeughochachse 18, eingenommen wird. Um das Fahrzeug wieder zurück zu neigen, verlagert der Fahrer seinen Schwerpunkt nach links, so dass das Dreiradfahrzeug 30 wieder eine lotrechte Position einnimmt. Die Sitzseitenkraft auf den Fahrzeugsitz 8a  
15 wird vom Fahrer durch ein aktives seitliches Neigen seines Rumpfs ausgeübt, wobei sich der Fahrer gegebenenfalls an einem Fussbrett oder am Lenkrad abstützt, um das Verlagern seines Körperschwerpunktes durch seitliches Neigen seines Rumpfs einzuleiten. In einer möglichen Ausführungsform besitzen die  
20 Federzentriermittel 17 eine variable, bei zunehmender Geschwindigkeit des Fahrzeugs zunehmende Federvorspannung, so dass die Rückstellkraft und somit die Sensibilität der Wirkverbindung durch die zunehmende Rückstellkraft mit steigender Geschwindigkeit abnimmt. Somit ist es möglich, dass  
25 die Wirkverbindung zwischen dem Positionsdetektor 9a und den Mitteln zum seitlichen Neigen 4 derart ausgebildet ist, dass die Neiggeschwindigkeit eine Funktion zumindest aus der Sitzseitenkraft und der Geschwindigkeit des Fahrzeugs ist, wobei sich die Neiggeschwindigkeit bei zunehmender  
30 Sitzseitenkraft - mit einem bei zunehmender Geschwindigkeit des Fahrzeugs sinkendem Faktor - vergrößert. Selbiges ist selbstverständlich ebenfalls beispielsweise durch eine elektronische Steuerung realisierbar.

Die Mittel zum seitlichen Neigen 4 sind im gezeigten Ausführungsbeispiel hydraulisch ansteuerbar. Die nicht dargestellte Wirkverbindung zwischen dem Positionsdetektor 9a und den Mitteln zum seitlichen Neigen 4 wird von einer 5 Hydraulikverbindung gebildet. Der Positionsdetektor 9a kann hierbei von einer hydraulischen Einheit, insbesondere ein hydraulisches Ventil, beispielsweise ein 4/3-Wegeventil, gebildet werden, mittels welchem die Mittel zum seitlichen Neigen 4 über die Hydraulikverbindung ansteuerbar sind. In 10 diesem Fall sind die Hydraulikzylinder der Mittel zum seitlichen Neigen 4 bei mittiger Position des Fahrzeugsitzes 8a hydraulisch verbunden, so dass ein freies Neigen des Fahrzeugs möglich ist (Zweiradmodus), während bei aufgrund einer Sitzseitenkraft schrägem Sitz durch Verschieben des 4/3- 15 Wegeventils Hydraulikflüssigkeit aktiv von dem einen zum anderen Zylinder mittels einer nicht dargestellten Hydraulikpumpe gefördert wird, so dass sich das Fahrzeug neigt. Über ein Sperrventil (nicht dargestellt) kann erzielt werden, dass ein zusätzliches freies Neigen in Richtung des 20 aktiven Neigens weiterhin möglich ist, wohingegen ein freies Neigen in Gegenrichtung des aktiven Neigens gesperrt wird.

Alternativ ist es möglich, dass die Mittel zum seitlichen Neigen 4 elektrisch ansteuerbar sind und die Wirkverbindung 25 zwischen den Erfassungsmitteln 9a und den Mitteln zum seitlichen Neigen 4 als nicht dargestellte elektrische Signalverbindung ausgebildet ist. Der Positionsdetektor 9a wird in diesem Fall beispielsweise von einem Piezo-Sensor, mittels welchem die Mittel zum seitlichen Neigen 4 über die 30 elektrische Signalverbindung ansteuerbar sind, gebildet.

In Fig. 4 wird eine alternative Ausführungsform eines Fahrzeugsitzes 8b, der nachgiebige Seitenwülste 15 mit als Positionsdetektoren ausgebildeten Erfassungsmitteln 9b

besitzt, gezeigt. Der auf dem neigbaren Fahrzeugrahmen 5 montierte Fahrzeugsitz 8b umfasst eine Lehne 14, an deren beiden Seitenflanken zwei Seitenwülsten 15 für einen Seitenhalt des Oberkörpers des Fahrers ausgearbeitet sind. Die 5 Seitenwülste 15 sind in eine seitliche Querrichtung 10b zur Fahrtrichtung 7 innerhalb eines Bewegungsbereichs 11b beweglich oder nachgiebig. Diese Beweglichkeit kann insbesondere durch eine elastische Lagerung der Sitzseitenwülste 15 oder durch eine elastische Polsterung 10 erlangt werden. Um sich den individuellen Körpermassen eines Fahrers anzupassen, sind die Sitzseitenwülste 15 in ihrer Breite verstellbar. Versucht der Fahrer, seinen Körperschwerpunkt intuitiv zum Neigen des Dreiradfahrzeugs 30 in die zu neigende Richtung seitlich zu verlagern, indem er 15 seinen Rumpf seitlich verdreht, wird ein Druck auf die jeweilige Seitewulst 15 ausgeübt. Durch diesen Druck, der einer Sitzseitenkraft entspricht, wird zumindest eine der beiden Sitzseitenwülste 15 verformt oder bewegt, in Fig. 4 dargestellt durch unterbrochene Linien der Sitzseitenwülste 20 15', wobei diese Verformung oder Bewegung der Sitzseitenwülste 15 von angebrachten Positionsdetektoren 9b erfasst wird, wodurch ein seitliches Neigen, wie oben beschrieben, zu der Seite der jeweiligen nach aussen gedrückten Sitzseitenwulst 15 erfolgt. Somit ist die Wirkverbindung zwischen den 25 Positionsdetektoren 9b und den Mitteln zum seitlichen Neigen 4 derart ausgebildet, dass sich das Dreiradfahrzeug 30 zu derjenigen Seite, die der Richtung der Sitzseitenkraft entspricht, neigt. Die Positionsdetektoren 9b können beispielsweise von bekannten Druckschaltern oder von zwei 30 Kissen mit integriertem Drucksensor ausgebildet sein. In einer speziellen Ausführungsform befindet sich in den beiden Seitenwülsten 15 jeweils ein Fluidkissen, wobei die beiden Fluidkissen in fluidischer Verbindung stehen. Ein Druckdifferenzsensor oder ein Durchflusssensor detektiert

hierbei eine allfällige Druckdifferenz zwischen den beiden Sitzseitenwülsten 15 und somit eine Sitzseitenkraft, die der Fahrer auf den Fahrzeugsitz 8b ausübt. In einer weiteren speziellen, nicht dargestellten Ausführungsform der Erfindung befinden sich die beispielsweise als zwei Fluidkissen ausgebildeten Erfassungsmittel in der linken und rechten Hälfte der Sitzfläche des Fahrzeugsitzes.

Fig. 5 zeigt eine weitere alternative Ausführungsform eines Fahrzeugsitzes 8c mit Erfassungsmitteln 9c. Der Fahrzeugsitz 8c umfasst eine Sitzfläche 16, die in eine seitliche Querrichtung 10c zur Fahrtrichtung 7 innerhalb eines Bewegungsbereichs 11c beweglich ist. Der Bewegungsbereich 11c wird in Fig. 5 anhand der Sitzflächenhochachse 22 und ihren beiden Randlagen 22' und 22'' veranschaulicht. Diese Beweglichkeit wird beispielsweise über ein Linearwälzlager ermöglicht. Versucht der Fahrer, seinen Körperschwerpunkt intuitiv zu verlagern, indem er seinen Rumpf in die Richtung, in welche sich das Fahrzeug neigen soll, legt, so wird hierdurch eine Sitzseitenkraft auf die Sitzfläche 16 des Fahrzeugsitzes 8c in eine Richtung ausgeübt, die der gewünschten Neigrichtung entgegengesetzt ist. Eine Verschiebung der über nicht dargestellte Fenderzentrierermittel elastisch zentrierten Sitzfläche 16 nach aussen, in Fig. 5 durch unterbrochene Linien der Sitzfläche 16' gezeigt, wird von als ein Positionsdetektor 9c ausgebildeten Erfassungsmitteln erfasst, wodurch über die Wirkverbindung zwischen dem Positionsdetektor 9c und den Mitteln zum seitlichen Neigen 4 ein seitliches Neigen zu derjenigen Seite, die der Richtung der Sitzseitenkraft entgegengesetzt ist, ausgelöst wird. Im Gegensatz zu den in Fig. 3 und 4 gezeigten Ausführungsbeispielen erfolgt somit das Neigen in die der Sitzseitenkraft entgegengesetzte Richtung. In einer weiteren Ausführungsform wird vollkommen auf die Lehne des



Fahrzeugsitzes 8c verzichtet, so dass ein Sattel mit der Sitzfläche 16 den gesamten Fahrzeugsitz 8c bildet.

Selbstverständlich sind weitere Ausführungsformen zur

5 Erfassung einer Sitzseitenkraft oder einer Körperschwerpunktsverlagerung, beispielsweise in der Sitzfläche oder Lehne, realisierbar. Die Erfindung beschränkt sich nicht nur auf die gezeigten, rein beispielhaft

10 schematisch dargestellten Ausführungen, insbesondere nicht nur auf ein dreirädriges Fahrzeug mit einem einzelnen Vorderrad und zwei unabhängigen Hinterrädern, sondern umfasst allgemein kurvenneigbare Gefährte jeglicher Bauart.

Patentansprüche

1. Mehrspuriges kurvenneigbares Fahrzeug mit mindestens drei  
Abstützelementen (1a, 1b, 1c) - insbesondere Rädern oder  
5 Kufen - zumindest zum Übertragen einer Seitenführungskraft  
zwischen dem Fahrzeug und einem Untergrund (2), wobei
- mindestens zwei (1a, 1b) der mindestens drei  
Abstützelemente auf entgegengesetzten Seiten bezüglich  
der Fahrzeuglängsachse (3) seitlich angeordnet sind und
  - 10 • mindestens eines (1c) der mindestens drei  
Abstützelemente zur Richtungssteuerung des Fahrzeugs  
lenkbar ist,
- mit
- Mitteln zum seitlichen Neigen (4) wenigstens eines  
15 Abschnitts (5) des Fahrzeuges um eine im Wesentlichen zu  
der Fahrzeuglängsachse (3) parallele Neigachse (6), so  
dass während einer Fahrt - insbesondere zur Kurvenfahrt  
oder bei schrägem oder unebenem Untergrund - der  
Schwerpunkt des Fahrzeugs quer zur Fahrtrichtung (7)  
20 verlagerbar ist, und
  - mindestens einem Fahrzeugsitz (8a, 8b, 8c), der auf dem  
neigbaren Abschnitt (5) des Fahrzeugs angeordnet ist,  
für einen das Fahrzeug steuernden Fahrer,
- dadurch gekennzeichnet, dass**
- 25 • Erfassungsmittel (9a, 9b, 9c) zur Erfassung einer  
Sitzseitenkraft, die der Körper des Fahrers zumindest  
auf einen Fahrzeugsitz-Abschnitt des Fahrzeugsitzes (8a,  
8b, 8c) in eine seitliche Querrichtung (10a, 10b, 10c)  
zur Fahrtrichtung (7) ausübt, vorgesehen sind,
  - 30 • die Erfassungsmittel (9a, 9b, 9c) in einer derart  
ausgebildeten Wirkverbindung mit den Mitteln zum  
seitlichen Neigen (4) stehen, dass

- das seitliche Neigen in einer Abhängigkeit von der erfassten Sitzseitenkraft erfolgt und
- die Neiggeschwindigkeit eine Funktion zumindest aus der Sitzseitenkraft und der Geschwindigkeit des Fahrzeugs ist, wobei sich die Neiggeschwindigkeit bei zunehmender Sitzseitenkraft - mit einem bei zunehmender Geschwindigkeit des Fahrzeugs sinkendem Faktor - vergrößert.

10 2. Mehrspuriges kurvenneigbares Fahrzeug

nach Anspruch 1,

**dadurch gekennzeichnet, dass**

- die Abstützelemente als Räder (1a, 1b, 1c) und das Fahrzeug als ein Dreiradfahrzeug (30) mit einem kurvenneigbaren Fahrzeugrahmen (5) ausgebildet sind, wobei zwei (1a, 1b) der drei Räder nebeneinander im Wesentlichen symmetrisch zur Fahrzeuglängsachse (3) und das dritte Rad (1c) mittig versetzt im Wesentlichen in der Fahrzeuglängsachse (3) angeordnet sind, und
- das seitliche Neigen durch die Mitteln zum seitlichen Neigen (4) derart erfolgt und das Fahrzeug derart gestaltet ist, dass die Räder (1a, 1b, 1c) eine der Neigung entsprechende Schrägstellung einnehmen und die zwei nebeneinander liegenden Räder (1a, 1b) als ein einziges mittiges fiktives Rad im Wesentlichen in der Fahrzeuglängsachse (3) wirken.

3. Mehrspuriges kurvenneigbares Fahrzeug

nach Anspruch 1 oder 2,

**dadurch gekennzeichnet, dass**

- zumindest der Fahrzeugsitz-Abschnitt des Fahrzeugsitzes (8a, 8b, 8c) in eine seitliche Querrichtung (10a, 10b,

10c) zur Fahrtrichtung (7) innerhalb eines Fahrzeugsitz-Bewegungsbereichs (11a, 11b, 11c) beweglich ist und

- die Erfassungsmittel (9a, 9b, 9c) derart ausgestaltet sind, dass sie die Sitzseitenkraft durch direkte oder indirekte Kraftmessung oder Wegmessung zumindest an dem Fahrzeugsitz-Abschnitt des Fahrzeugsitzes (8a, 8b, 8c) quantitativ oder qualitativ erfassen.

4. Mehrspuriges kurvenneigbares Fahrzeug

nach Anspruch 3,

**dadurch gekennzeichnet, dass**

der Fahrzeugsitz (8a) oder der Fahrzeugsitz-Abschnitt über ein Gelenklager (12) mit einer im Wesentlichen zur Fahrzeuglängsachse (3) parallel verlaufenden und bezogen auf den Fahrzeugsitz mittigen Fahrzeugsitz-Drehachse (13) so gelagert ist, dass der Fahrzeugsitz (8a) um die Fahrzeugsitz-Drehachse (13) in die seitliche Querrichtung (10a) zur Fahrtrichtung (7) innerhalb des Fahrzeugsitz-Bewegungsbereichs (11a) schwenkbar ist.

5. Mehrspuriges kurvenneigbares Fahrzeug

nach Anspruch 3,

**dadurch gekennzeichnet, dass**

- der Fahrzeugsitz (8b) eine Lehne (14) mit Seitenwülsten (15) für einen Seitenhalt des Oberkörpers des Fahrers aufweist und
- die Seitenwülste (15) die den in die seitliche Querrichtung (10b) zur Fahrtrichtung (7) innerhalb des Fahrzeugsitz-Bewegungsbereichs (11b) beweglichen Fahrzeugsitz-Abschnitt bilden.

6. Mehrspuriges kurvenneigbares Fahrzeug  
nach Anspruch 3,  
**dadurch gekennzeichnet, dass**
- der Fahrzeugsitz (8c) eine Sitzfläche (16) umfasst oder  
5 als eine Sitzfläche (16) ausgebildet ist, und
  - die Sitzfläche (16) die den in die seitliche  
Querrichtung (10c) zur Fahrtrichtung (7) innerhalb des  
Fahrzeugsitz-Bewegungsbereichs (11c) beweglichen  
Fahrzeugsitz-Abschnitt bildet.
- 10
7. Mehrspuriges kurvenneigbares Fahrzeug  
nach Anspruch 4 oder 5,  
**dadurch gekennzeichnet, dass**  
die Wirkverbindung zwischen den Erfassungsmitteln (9a, 9b)  
15 und den Mitteln zum seitlichen Neigen (4) derart  
ausgebildet ist, dass das seitliche Neigen zu derjenigen  
Seite, die der Richtung der Sitzseitenkraft entspricht,  
erfolgt.
- 20
8. Mehrspuriges kurvenneigbares Fahrzeug  
nach Anspruch 6,  
**dadurch gekennzeichnet, dass**  
die Wirkverbindung zwischen den Erfassungsmitteln (9c) und  
den Mitteln zum seitlichen Neigen (4) derart ausgebildet  
25 ist, dass das seitliche Neigen zu derjenigen Seite, die  
der Richtung der Sitzseitenkraft entgegengesetzt ist,  
erfolgt.
9. Mehrspuriges kurvenneigbares Fahrzeug  
30 nach einem der Ansprüche 3 bis 8,  
**dadurch gekennzeichnet, dass**
- elastische Zentriermittel (17) vorgesehen sind, die  
zumindest den in die seitliche Querrichtung (10a, 10b,

10c) zur Fahrtrichtung (7) innerhalb des Fahrzeugsitz-Bewegungsbereichs (11a, 11b, 11c) beweglichen Fahrzeugsitz-Abschnitt über eine Rückstellkraft in einer mittigen Ausgangsstellung zentrieren, so dass aus der Position zumindest des Fahrzeugsitz-Abschnitt des Fahrzeugsitzes (8a, 8b, 8c) innerhalb des Fahrzeugsitz-Bewegungsbereichs (11a, 11b, 11c) die Sitzseitenkraft ermittelbar ist, und

- die Erfassungsmittel als mindestens ein Positionsdetektor (9a, 9b, 9c), der die Position zumindest des Fahrzeugsitz-Abschnitts des Fahrzeugsitzes innerhalb des Fahrzeugsitz-Bewegungsbereichs erfasst, ausgebildet sind, so dass die Sitzseitenkraft erfassbar ist.

10. Mehrspuriges kurvenneigbares Fahrzeug nach Anspruch 9,

**dadurch gekennzeichnet, dass**

die elastischen Zentriermittel als Federzentriermittel (17) mit einer variablen, bei zunehmender Geschwindigkeit des Fahrzeugs zunehmenden Federvorspannung und somit zunehmenden Rückstellkraft ausgebildet sind.

11. Mehrspuriges kurvenneigbares Fahrzeug

nach einem der Ansprüche 1 bis 10,

**dadurch gekennzeichnet, dass**

- die Mitteln zum seitlichen Neigen (4) hydraulisch ansteuerbar sind,

und

- die Wirkverbindung zwischen den Erfassungsmitteln (9a, 9b, 9c) und den Mitteln zum seitlichen Neigen (4) als Hydraulikverbindung und

- die Erfassungsmittel (9a, 9b, 9c) als hydraulische Erfassungsmittel, insbesondere ein hydraulisches Ventil, beispielsweise ein 4/3-Wegeventil, mittels welchen die Mittel zum seitlichen Neigen (4) über die Hydraulikverbindung ansteuerbar sind, ausgebildet sind.

12. Mehrspuriges kurvenneigbares Fahrzeug  
nach einem der Ansprüche 1 bis 10,  
dadurch gekennzeichnet, dass

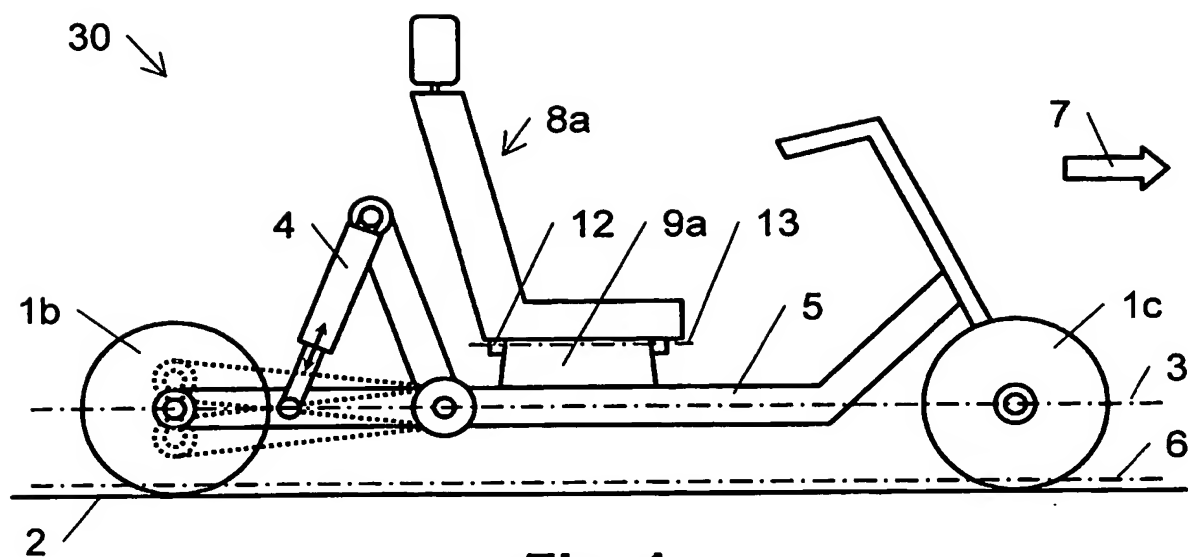
- die Mitteln zum seitlichen Neigen (4) elektrisch ansteuerbar sind,  
und
- die Wirkverbindung zwischen den Erfassungsmitteln (9a, 9b, 9c) und den Mitteln zum seitlichen Neigen (4) als elektrische Signalverbindung und
- die Erfassungsmittel (9a, 9b, 9c) als elektrische Erfassungsmittel - insbesondere einem Piezo-Sensor - mittels welchen die Mittel zum seitlichen Neigen (4) über die elektrische Signalverbindung ansteuerbar sind, ausgebildet sind.

13. Verfahren zum Neigen eines mehrspurigen kurvenneigbaren Fahrzeugs mit

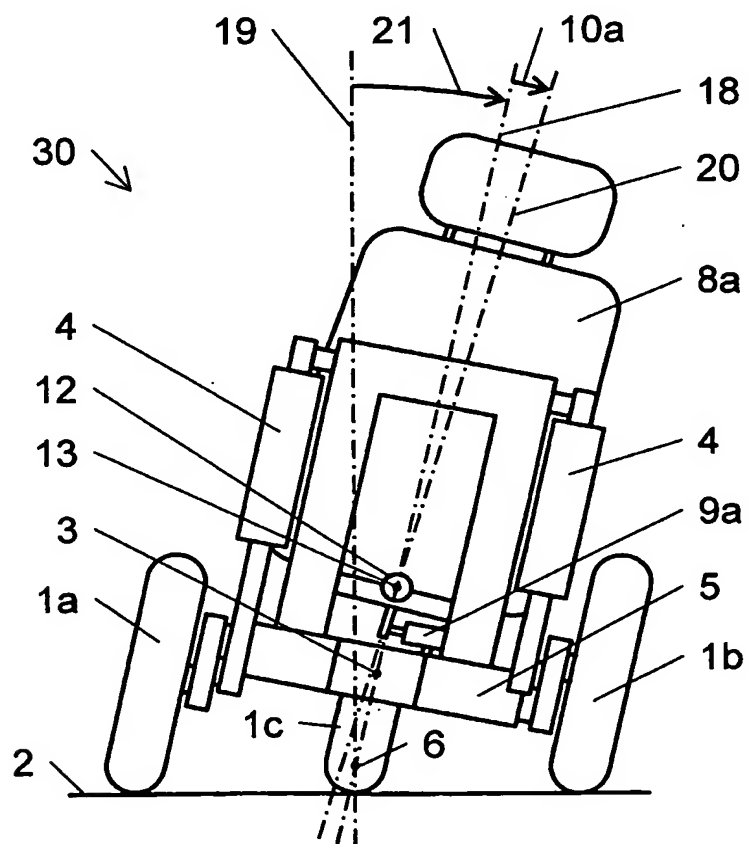
- Mitteln zum seitlichen Neigen (4) wenigstens eines Abschnitts (5) des Fahrzeuges um eine im Wesentlichen zu der Fahrzeuglängsachse (3) parallele Neigachse (6), so dass während einer Fahrt - insbesondere zur Kurvenfahrt oder bei schrägem oder unebenem Untergrund - der Schwerpunkt des Fahrzeugs quer zur Fahrtrichtung (7) verlagerbar ist,

- mindestens einem Fahrzeugsitz (8a, 8b, 8c), der auf dem neigbaren Abschnitt (5) des Fahrzeugs angeordnet ist, für einen das Fahrzeug steuernden Fahrer, und
  - Erfassungsmittel (9a, 9b, 9c) zur Erfassung einer  
5 Sitzseitenkraft, die der Körper des Fahrers zumindest auf einen Fahrzeugsitz-Abschnitt des Fahrzeugsitzes (8a, 8b, 8c) in eine seitliche Querrichtung (10a, 10b, 10c) zur Fahrtrichtung (7) ausübt,  
mit den sich wiederholenden Schritten
  - 10 • Erfassen der Sitzseitenkraft über die Erfassungsmittel (9a, 9b, 9c),
  - Erfassen der Geschwindigkeit des Fahrzeugs, und
  - Neigen wenigstens des Abschnitts (5) des Fahrzeuges zu einer Seite, wobei
  - 15 ◦ die Seite durch die Richtung der Sitzseitenkraft bestimmt wird und
  - die Neiggeschwindigkeit eine Funktion zumindest aus der Grösse der erfassten Sitzseitenkraft und der erfassten Geschwindigkeit ist und bei zunehmender  
20 Sitzseitenkraft - mit einem bei zunehmender Geschwindigkeit des Fahrzeugs sinkendem Faktor - die Neiggeschwindigkeit erhöht wird.
14. Verfahren nach Anspruch 13, wobei
- 25 das Neigen zu derjenigen Seite, die der Richtung der Sitzseitenkraft entspricht, erfolgt.
15. Verfahren nach Anspruch 13, wobei
- das Neigen zu derjenigen Seite, die der Richtung der  
30 Sitzseitenkraft entgegengesetzt ist, erfolgt.

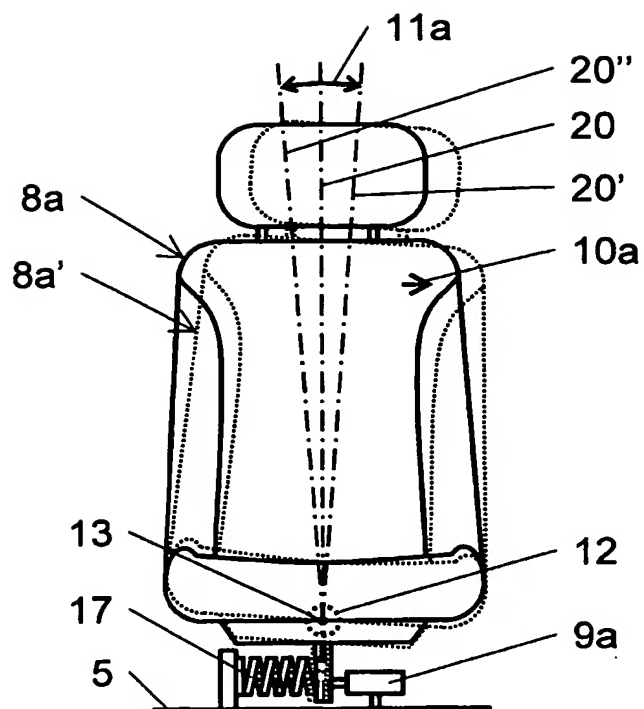
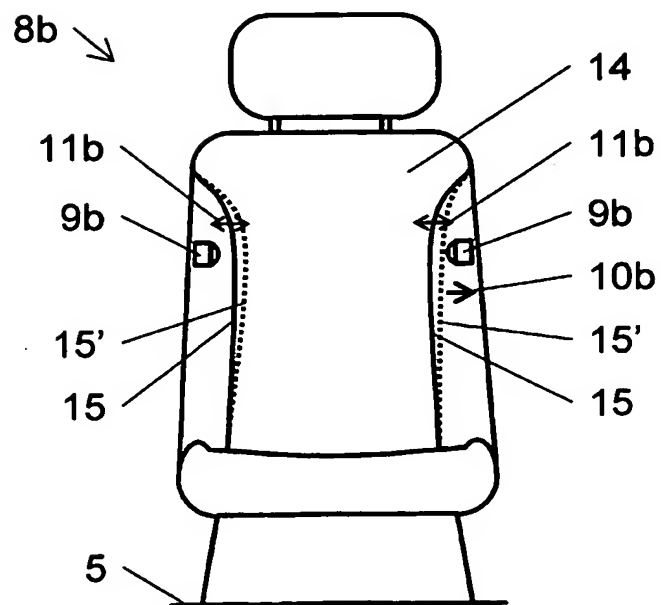


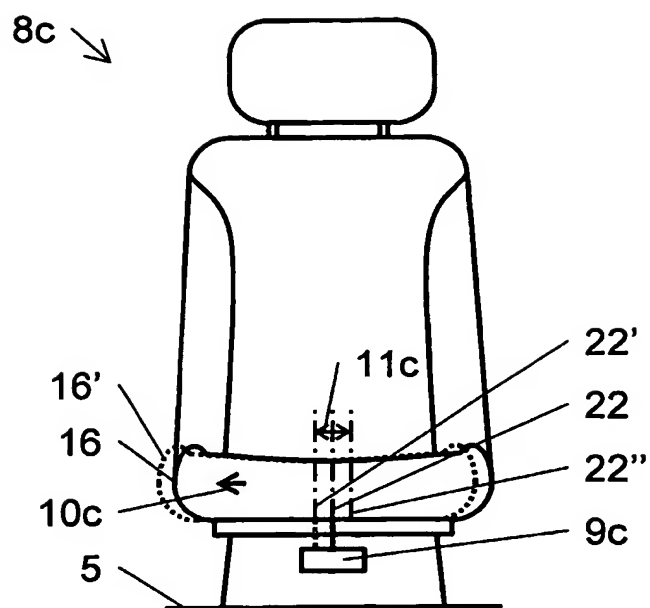


**Fig. 1**



**Fig. 2**

**Fig. 3****Fig. 4**



**Fig. 5**